TOO 1093083

UNIVERSITÀ DI ROMA
ISTITUTO DI GEOGRAFIA ECONOMICA
N.° 1309 D'INVENTARIO
FACOLTÀ DI ECONOMIA
E COMMERCIO

SULLE ANOMALIE DELLA GRAVITÀ

2-C
5-A

Discorso letto alla Società Italiana di Scienze Naturali in Milano il 1.° marzo 1896

da G. V. SCHIAPARELLI

ISTITUTO DI GEOGRAFIA ECONOMICA

I.

Allorquando Isacco Newton, dando alla luce nel 1687 la sua opera immortale *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, proclamò come legge universale della materia, che tutte le parti di essa si attraggono reciprocamente in ragione diretta delle masse, ed in ragione inversa dei quadrati delle distanze, una grande e completa mutazione si produsse presso i Fisici e presso gli Astronomi nel modo di considerare la natura e gli effetti della gravità, cioè della forza, che produce il peso dei corpi, e la loro caduta alla superficie della Terra.

Gli antichi solevano spiegare il peso dei corpi gravi e la loro caduta per mezzo di una naturale tendenza che li spingesse ad avvicinarsi a quel punto, che formava, secondo le loro idee, il centro di tutto l'Universo. Così essi riuscivano a comprendere, come la terra, il più grave dei quattro elementi, si trovasse raccolta in forma di sfera intorno ad esso centro, e come l'acqua, men grave della terra, e l'aria, men grave dell'acqua, fossero disposte sfericamente intorno a quella secondo l'ordine decrescente del loro peso specifico: e come, contrastandosi tutte le tendenze in modo simmetrico intorno al centro, dovessero, per semplice effetto del peso delle loro parti, la terra e l'acqua, e l'aria riposare immobili su quello. In questa semplice costruzione, le linee verticali convergevano

Statistici Storici
OP
2/10
... di Studi Geoeconomici
per l'Analisi Regiona
Digitized by Google

intorno ad un punto unico, centro comune della Terra, dei suoi involucri, delle sfere planetarie, della sfera stellata, e insomma di tutto l'ordine cosmico. Questo concetto del centro della Terra, come punto *al qual si traggon d'ogni parte i pesi*, non fu neppure intieramente scosso quando, secondo le idee di Copernico, il luogo centrale dell'Universo fu attribuito al Sole. Ancora da Galileo, da Cartesio e da quasi tutti i fisici del secolo XVII, e da molti ancora del XVIII, il centro della Terra è considerato come un punto speciale, dove convergono le linee verticali di tutti i climi.

A tale concetto piuttosto metafisico di un centro ideale, di un semplice punto geometrico che attira i corpi verso di sè, surroghiamo con Newton l'altro concetto della reciproca attrazione delle parti della materia fra di loro. A considerare sottilmente, esso non è forse meno trascendente dell'altro: noi l'accettiamo come un fatto di esperienza, a conferma del quale esistono cento prove, e del quale la verità è stata mostrata da Newton e da'suoi continuatori per mezzo di mille fenomeni. Qualunque idea noi vogliamo farci sull'intimo essere dell'attrazione, certo è, che nel mondo della materia tutto succede appunto come se le particelle di questa avessero la virtù intrinseca di attirarsi l'una l'altra in ragione diretta delle masse e inversa del quadrato della loro distanza.

Ammesso questo, la gravità dei corpi ci appare come un fenomeno assai meno semplice di quanto prima si poteva credere. Se il globo terrestre, con tutte le sue appendici naturali ed artifiziali, col mare e coll'atmosfera, s'intenda mentalmente scomposto nei suoi elementi materiali; un grave sarà da ciascuno di questi elementi sollecitato a moversi secondo la linea che lo congiunge con quell'elemento. Tutte queste forze, operanti intorno al grave in tutte le possibili direzioni, si compongono in una risultante unica, che colla sua direzione ed intensità rappresenta l'attrazione totale della massa terrestre sul corpo considerato.

Se ora la Terra fosse una sfera geometricamente esatta, e se le sue densità interiori fossero simmetricamente disposte intorno al suo centro, è chiaro, che tutte le attrazioni dei corpi tenderebbero pure verso il suo centro in modo simme-

UNIVERSITÀ DI LA SAPIENZA

Digitized by Google

trico, e la loro caduta si farebbe pure da ogni parte verso questo centro, come supponevano gli antichi. Ma in natura le cose corrono molto diversamente. La superficie della terra è piena d'irregolarità naturali ed artificiali; in certi luoghi esistono prominenze, che si elevano sin quasi a nove chilometri sul livello della generale superficie; in altri luoghi sono cavità o depressioni profonde altrettanto. Egli è vero che queste depressioni sono piene d'acqua; ma la massa dell'acqua ad ugual volume, o ciò che si chiama la sua densità, è da due e mezzo a tre volte minore che la densità della crosta solida; onde l'ammanco di materia non è che in poca parte compensato. Tale irregolarità nella distribuzione dellè masse superficiali è poi ancora complicata da ineguale ripartizione della densità nella materia sotterranea. Le conseguenze sono chiare: percorrendo la superficie del globo da una regione all'altra, non solo l'intensità della forza attrattiva non potrà esser la medesima dappertutto, ma anche le direzioni di questa forza nei varii luoghi non seguiranno una legge esattamente geometrica, e non sarà lecito supporre, che tutte queste direzioni convergano verso un centro unico.

V'ha di più; in un medesimo luogo la forza con cui un grave è tratto a cadere non è sempre la medesima, nè come intensità, nè come direzione. Ogni trasporto di materia che abbia luogo alla superficie della Terra o nel suo interno, vi produce un'alterazione corrispondente, modificando la distribuzione delle masse, e quindi anche la risultante delle attrazioni. Si è calcolato, che appiè della gran piramide, e precisamente sul mezzo di ciascuno dei quattro lati della base, il filo a piombo devia verso la piramide di 0″7 dalla direzione che dovrebbe avere, se la piramide non esistesse. Il re Cheope adunque, facendo costruire quel monumento, produsse artificialmente in quel luogo uno spostamento nella direzione della gravità, che arriva fino a 0″7: quantità perfettamente misurabile nello stato presente dell'Astronomia pratica (1). Molto

(1) La stessa cosa si può presentare sotto altra forma, dicendo che colla costruzione della piramide si creò in quei punti una componente orizzontale della gravità; la quale per ogni chilogramma di peso verticale, importa tre milligrammi di peso orizzontale.

UNIVERSITA' DI ROMA
O DI GEOGRAFIA
Op
2/10
ONOMICA

Digitized by Google

maggiori modificazioni poi col lento volger dei secoli han dovuto produrre i sollevamenti delle montagne, le erosioni meteoriche e le corrispondenti alluvioni, le formazioni dei delta alle bocche dei grandi fiumi, ed in generale tutti gli spostamenti, spesso colossali, di materia che hanno avuto luogo alla superficie del globo. E finalmente non si può dubitare che i cambiamenti periodici, prodotti nella figura d'equilibrio del mare dal flusso e dal riflusso, non abbiano ancor essi qualche piccolo effetto, come pure i movimenti d'aria che chiamiamo venti, l'acqua sottratta da un luogo sotto forma di evaporazione, che si condensa in un altro sotto forma di neve, qualche volta a grandi masse, come per esempio sulla Groenlandia.

Non basta però considerare il globo nella sola distribuzione delle sue masse: di un altro elemento importante bisogna tener conto, del quale gli antichi non avevano ad occuparsi: questo è la rotazione sensibilmente uniforme, che la Terra fa intorno al suo asse in $23^h\ 56^m$ di tempo medio, e in 24 ore di tempo siderale. In virtù di questa nasce una tendenza di tutte le parti così solide, come fluide, ad allontanarsi dall'asse rotatorio, costituendo così ciò che si chiama la *forza centrifuga;* la quale non è una vera forza come le altre della Natura, ma un semplice risultato dell'inerzia della materia. La forza centrifuga è nulla per i punti collocati lungo l'asse di rotazione, e cresce colla distanza da quest'asse; però anche nei paesi dell'Equatore, dove tal distanza è massima, non arriva a superare $^1/_{289}$ dell'attrazione. Il suo effetto pertanto è quello di modificare alquanto la figura d'equilibrio del mare, mutandone la superficie generale (che senza di ciò sarebbe prossimamente sferica) in una forma poco diversa da quella di un ellissoide leggermente schiacciato ai poli, la quantità dello schiacciamento essendo da ciascuna parte non più che $^1/_{600}$ del diametro polare, cioè 21 chilometri per parte. A questa deformazione è probabile che prenda parte ancora la crosta solida del globo, e con essa anche la massa più interna. Infatti prova il calcolo, che quand'anche tutto l'interno della Terra fosse solido e composto delle materie più rigide e più dure (quali per esempio l'acciajo od il vetro), lo sforzo generato

Digitized by Google

FACOLTA' DI ECONOMIA

dalla rotazione terrestre sopra una massa così grande dovrebbe produrre in essa una deformazione sensibile e non molto minore di quella che avrebbe luogo nell'ipotesi della fluidità completa. Un tale sforzo prolungato per un gran numero di secoli, e coadiuvato all'esterno da continui movimenti di materia, specialmente dalle erosioni e sedimentazioni, ha finito per ridurre anche la parte solida della superficie ad una forma non molto diversa da quella che avrebbe il mare in quelle regioni, quando fosse sostituito ai continenti.

Noi siamo ora in grado di definire con precisione che cosa s'intende per figura della Terra. La figura matematica della Terra è quella, sotto cui si costituirebbe in equilibrio la superficie delle acque dell'Oceano, quando queste penetrassero sotto i continenti con una rete d'infiniti canali comunicanti da un mare all'altro. In questa definizione s'intende fatta astrazione dalle piccole oscillazioni periodiche dipendenti dalle maree e dalle azioni meteorologiche: oscillazioni che praticamente si posson trascurare in una considerazione generale come la nostra. La superficie matematica così concepita (a cui negli ultimi tempi si è usato spesso dare il nome di *geoide* (1) per brevità del discorso) è determinata in ogni suo punto, secondo le leggi dell'idrostatica, dall'azione combinata

(1) Alcuni usano dare il nome di *geoide* a tutte le superficie equipotenziali del globo, una delle quali sarebbe segnata dal mare, quando questo si trovasse in completo equilibrio sotto l'influsso delle attrazioni e della forza centrifuga. Il mare essendo in continuo movimento, non si può affermare, a tutto rigor di termini, che la sua superficie costituisca un geoide. Si può tuttavia affermare che in pratica la differenza è molto piccola, e finora si è sottratta alle più diligenti osservazioni. Certo è, che una deviazione sensibile del mare dalla figura d'equilibrio dev'esser prodotta da diverse cause, e specialmente dalla varia pressione che l'atmosfera esercita in varie parti della sua superficie. Sotto il parallelo del Capo Horn la pressione barometrica media è di 746^{mm}, mentre sulle isole Azorre giunge a 766^{mm}. La differenza importa 20^{mm} di mercurio e 27 centimetri d'acqua; di tanto, sulla media dell'anno, il livello dell'Oceano intorno alle Azzorre sarà inferiore a quello che ha luogo sotto il parallelo del Capo Horn. Anche questa causa non è di alcuna pratica importanza. La superficie del mare offrirà sempre la base più sicura per le livellazioni, e darà sempre il miglior termine di confronto per le altitudini in tutte le regioni della Terra. Sarà dunque pel momento ancora permesso ai geografi di considerare la superficie media dell'Oceano come rappresentazione sufficientemente esatta della figura matematica della Terra.

Digitized by Google

dell'attrazione di tutta la Terra in quel punto e della forza centrifuga: delle quali due forze la risultante è quella che propriamente chiamiamo la *gravità,* perchè è dessa che determina il peso dei corpi e la direzione in cui li vediamo cadere. La gravità opera dovunque perpendicolarmente alla superficie matematica, che dà il piano di livello; essa determina la linea verticale, segnata dal filo a piombo. Come la teoria dimostra, ed il fatto conferma, il geoide o superficie matematica della Terra ha una curvatura dolce e continua, che varia per gradi da un punto all'altro: essa non presenta in alcun luogo spigoli, nè cuspidi, nè altra soluzione di continuità. Ma questa curvatura in ciascun punto è, generalmente parlando, diversa secondo le diverse plaghe dell'orizzonte, e varia poi quando si passa da una regione ad un'altra. Per quanto fino ad oggi è stato esplorato, dappertutto la superficie del geoide è convessa e di forma rotondeggiante, ed in nessun luogo la sua curvatura differisce molto da quella di una sfera. Per questo si suol anche dire talvolta, che la Terra è uno *sferoide*, per indicare che, malgrado tutto, essa rassomiglia entro certi limiti d'errore ad una sfera perfetta, quale la supposero gli antichi dopo Anassimandro e Pitagora, e sull'esempio degli antichi anche i moderni, fino all'epoca di Newton.

Dalle cose sin qui esposte è manifesto, che nello sferoide terrestre dovranno riflettersi tutte le anomalie dell'attrazione provenienti dalle prominenze e dalle cavità della superficie fisica della crosta e dal modo irregolare con cui è distribuita la densità nelle parti interne. La sua figura pertanto non può essere assimilata rigorosamente ad alcuna delle forme conosciute della geometria: l'investigarla non può essere che un problema puramente empirico, deve cioè dipendere da misure direttamente eseguite in ogni parte dello sferoide stesso. Come il cieco, che non potendo abbracciare un corpo qualunque collo sguardo, pure riesce a farsi un'idea delle sue forme tastandolo in molte parti della superficie: così gli Astronomi, non potendo elevarsi nello spazio celeste onde esaminare e misurare la Terra da un punto favorevole di prospettiva, si trovarono obbligati a determinarne la figura esplorando, col mezzo di estese misure geometriche appoggiate ad osservazioni

Digitized by Google

celesti, la curvatura che presenta in diverse regioni la sua superficie convessa. Così ebbero origine le misure assai numerose di archi di meridiano e di parallelo, che, incominciate negli anni 1735-1740 sotto gli auspici dell'Accademia delle Scienze di Parigi colle celebri spedizioni scientifiche del Perù e della Lapponia, furono continuate per più d'un secolo e mezzo, ed ora procedono più alacremente che mai sotto la direzione dell'Associazione Geodetica internazionale, a cui l'Italia pure è ascritta.

Tutte queste misure, fatte colla massima diligenza in diversissime parti del globo, in Europa, in India, al Perù, agli Stati Uniti, al Capo di Buona Speranza, ebbero per risultato abbastanza concorde di confermare quanto già da Newton era stato proposto come verosimile, che la figura generale del globo non differisca molto da un ellissoide simmetrico intorno all'asse di rotazione e leggermente compresso ai poli. La piccola compressione è tale, che se, nel costruirne l'immagine per mezzo di un globo artificiale, si assegnino all'Equatore 300 millimetri di diametro, il diametro polare sarà di soli millimetri 299. Questo è l'*ellissoide normale*, che si assume talvolta come rappresentazione geometrica approssimativa della figura della Terra, e che si prende anche per base di molti calcoli. La vera superficie della Terra, il geoide, in certe regioni si eleva sopra l'ellissoide ed è di esso più gonfia; in altre parti rimane al di sotto, ed è più depressa. Or queste maggiori e minori prominenze del geoide rispetto all'ellissoide normale sono distribuite molto irregolarmente, e soltanto in pochi luoghi si è cominciato ad esplorarne l'andamento e la distribuzione. S'ignora ben anche fino a qual limite di grandezza possano arrivare tali prominenze e tali depressioni: generalmente prevale adesso l'opinione, che non possano superare alcune centinaja di metri. Una cosa però risulta come certa da quanto finora ne è stato esplorato: cioè che tali prominenze e depressioni sono intimamente collegate alla positura continentale od oceanica delle regioni, ed alle particolarità orografiche della crosta solida, così nei continenti, come sul fondo del mare: e da ultimo anche alla struttura interna della crosta medesima. Ecco per qual motivo la ricerca della figura

Digitized by Google

del geoide, benchè principalmente astronomica per i suoi principî e per i suoi metodi, è di specialissimo interesse per la Geografia Matematica, per la Geologia, e per la Storia della Terra.

II.

Nella pratica, la ricerca della vera figura del globo si fonda principalmente sullo studio comparativo della curvatura che in una medesima regione hanno il geoide, cioè la superficie vera irregolare, e l'ellissoide normale, cioè la superficie geometrica, che si prende come punto di riferimento. Facendo questa comparazione per un dato punto della Terra, generalmente avverrà che ivi le due superficie non saranno parallele fra di loro, e pertanto non lo saranno neppure le rette ad esse perpendicolari. Avremo dunque in ogni punto della Terra due verticali: cioè la verticale *normale,* perpendicolare alla superficie dell'ellissoide, e di cui è facile assegnare in ogni luogo la direzione col mezzo del calcolo: e la verticale *effettiva,* perpendicolare al geoide, che è segnata dal filo a piombo. Alla deviazione della verticale effettiva dalla verticale normale si è dato il nome di *attrazione locale* e l'altro più chiaro e più preciso di *deviazione del filo a piombo* (1). Lo studio di un tale elemento è uno dei principali mezzi che si possono impiegare per la ricerca della figura del geoide.

---

(1) Questa definizione suppone che si assuma come termine di confronto ciò che sopra fu chiamato *ellissoide normale*, cioè quell'ellissoide che meglio di ogni altro si adatta a rappresentare la figura della Terra in tutta la sua estensione. Un tale ellissoide non è, per ora, determinato; diversi autori (Bessel, Clarke, Schubert) prendendo per base diversi sistemi di osservazione, e discutendole ciascuno in diverso modo, ne hanno definito diversamente gli elementi. Per lo studio delle irregolarità del geoide entro una regione non troppo estesa è tuttavia indifferente di assumere l'uno o l'altro degli ellissoidi proposti: importa soltanto che l'ellissoide adottato sia sufficientemente prossimo al vero. Come ciò possa essere, si comprenderà dal seguente esempio, che offre un caso parallelo. Quando si vuole esplorare la configurazione altimetrica di una regione si può farlo riferendosi ai piano di livello d'altitudine zero; ma non è necessario. Qualunque piano arbitrario di riferimento potrà servire allo scopo, purchè sufficientemente orizzontale; ed è nell'arbitrio dell'operatore di supporre l'altitudine zero in uno qualunque dei punti da lui considerati. A lui basta di cono-

Digitized by Google

Il problema dell'attrazione locale fu dapprincipio considerato sotto la forma di *attrazione delle montagne,* alla quale già aveva rivolta l'attenzione Newton medesimo (1). Se noi consideriamo una montagna come una semplice addizione di materia fatta alla mole terrestre sotto forma di una protuberanza più o meno grande, è manifesto, che dato il principio newtoniano dell'attrazione reciproca fra tutti gli elementi della materia, l'esistenza di una tal montagna deve per sè sola produrre una perturbazione della linea verticale, la massa della montagna attraendo a sè con maggiore o minor forza un piombino sospeso in prossimità di essa, alla sua base, oppure anche lungo i suoi fianchi. La massa della montagna non essendo che una minima frazione di tutta la massa del globo, la deviazione del piombino sarà per lo più poco sensibile; ma tuttavia è facile persuadersi col calcolo di un esempio qualsiasi, che non occorre alcuna supposizione straordinaria per rendere una tale deviazione facilmente accessibile ai mezzi di osservazione di cui gli Astronomi dispongono. La piramide di Cheope può colla sua attrazione deviare di 0″7 un piombino collocato sul mezzo di uno dei lati del quadrato che le serve di base. È facile dimostrare che una piramide della medesima materia e dieci volte maggiore in tutte le sue dimensioni produrrebbe una deviazione dieci volte maggiore, cioè di 7″. Una tal montagna non arriverebbe a 1500 metri d'altezza: quindi dal Monviso, dall'Etna, dal picco di Teneriffa sarebbe lecito aspettare deviazioni molto maggiori. Da questo concetto partirono i primi discepoli di Newton per ottenere una dimostrazione sperimentale di quella misteriosa

---

scere le differenze di livello, non le quote assolute. In egual modo i geodeti calcolano le attrazioni locali prendendo per base un ellissoide entro certi limiti arbitrario, e sogliono anche assumere ad arbitrio il punto di deviazione zero; cioè il punto a cui si debbono per comparazione riferire le deviazioni degli altri punti. In altri termini, essi studiano non le deviazioni assolute (che nello stato presente della scienza non si potrebbero avere) ma le differenze di deviazione; e ciò basta al loro intento.

(1) « Newton a calculé l'attraction d'une montagne dont la hauteur serait de « trois milles et la largeur de six; et a trouvé qu'une telle montagne formée de « matière homogène et la même que celle qui forme la Terre, causerait au fil « à plomb une déviation de 2′ ». MAUPERTUIS, *Éléments de Géographie,* Art. XV. (*Oeuvres* de Maupertuis, éd. 1768, Tome III, p. 60).

Digitized by Google

attrazione, che tanto ripugnava alla fisica Cartesiana allora dominante nelle scuole.

Nel 1738, durante la misura del grado Peruviano, l'astronomo Bouguer fece un tentativo per determinare l'attrazione del Chimborasso, montagna di circa 6250 metri, che si trovava prossima al campo d'operazione (1). La deviazione di 7'' 1/2 da lui trovata era assai minore di quanto si poteva aspettare e non fu considerata per allora come molto dimostrativa, attesa anche l'imperfezione dei mezzi di cui si servì il Bouguer. La prima prova veramente concludente dell'attrazione che una massa montagnosa può esercitare sul piombino fu data nel 1772 dall'astronomo inglese Maskelyne per mezzo di operazioni geometriche combinate con accuratissime osservazioni astronomiche fatte al Sud e al Nord del monte Shehallien in Iscozia: monte, a dir vero, non molto grande (1000 metri circa di altezza), ma di forma e giacitura bene adattata allo scopo (2). Risultò veramente, come si aspettava, che il filo a piombo collocato al Sud era attratto verso il Nord, e collocato a Nord, era attratto verso il Sud: la somma delle due deviazioni essendo di 11''6, quale potevasi aspettare. Come poi la realtà dell'attrazione newtoniana fra tutte le parti della materia fosse più tardi dimostrata in modo anche più rigoroso e concludente con semplici esperimenti di gabinetto da Cavendish e dopo di lui da molti altri, e come da questi lavori risultassero determinazioni sempre più precise della massa e della densità media della Terra, è noto abbastanza. È tuttavia mio dovere aggiungere ad onor del vero, che nell'anno 1764, cioè otto anni prima delle operazioni del Maskelyne, il P. Giambattista Beccaria aveva compiuto la sua misura del grado meridiano di Piemonte, dalla quale risultarono a lui le attrazioni delle montagne con certezza assai più conclusiva che non dalle operazioni di Bouguer al Chimborasso, ed in misura assai più grande di quanto risultasse non solo dalle

---

(1) Bouguer, *La figure de la Terre, déterminée par les observations de MM. Bouguer et La Condamine, envoyés par ordre du Roy au Pérou, ecc* Paris 1749: p. 364-390.

(2) *Philosophical Transactions*, 1776.

Digitized by Google

operazioni del Maskelyne, ma ancora da quasi tutte le altre operazioni di tal genere che dappoi furono eseguite in molte parti del globo (1). Le estremità dell'arco di Beccaria stanno dalla parte del Nord in Andrate, appiè delle ultime diramazioni del sistema del Monte Rosa, là dove comincia la grande e famosa morena detta *la Serra:* dalla parte del Sud in Mondovì a poca distanza dal luogo dove terminano le Alpi Marittime. In Andrate il filo a piombo è attratto verso il Nord, in Mondovì verso il Sud: la somma delle deviazioni importa non meno di 48″, cioè $^1/_{85}$ di tutta l'ampiezza dell'arco frapposto, che è di 1° 8′. Osserva il Beccaria, che forse in nessun' altra parte del mondo si trovano così grandi aberrazioni della verticale in così breve tratto (2). Questi risultati parvero da principio poco credibili, e molti ne dubitarono fino all'anno 1821, nel quale Carlini, portatosi appositamente in Andrate e a Mondovì per ivi ripetere le osservazioni di Beccaria con strumenti più perfetti, non solo ne confermò il risultato, ma dimostrò anzi che l'anomalia è anche un poco più grande di quella segnata da Beccaria, il quale aveva trovato solo 34″ invece di 48″ (3).

Consimili deviazioni hanno luogo in altre parti della valle del Po. Così la differenza di longitudine fra la Specola di Milano e quella di Torino, calcolata sull'ellissoide normale per mezzo delle misure trigonometriche è di 1° 30′ 14″ (4); la medesima differenza fra le direzioni effettive delle verticali del geoide nei due luoghi, quale risulta dalle operazioni astronomiche fatte dai miei amici e colleghi Dr. Rajna e Professor Porro nel 1885, è soltanto di 1° 29′ 41″ (5). La differenza 33″ rappresenta l'effetto complessivo delle attrazioni che il filo a piombo soffre a Milano e a Torino nel senso

---

(1) Beccaria e Canonica, *Gradus Taurinensis.* Aug. Taurinor. 1774.

(2) *Gradus Taurinensis,* p. 192.

(3) Plana e Carlini, *Opérations géodésiques et astronomiques pour la mesure d'un arc du parallèle moyen.* Vol. II, p. 347.

(4) Plana e Carlini, *Operations ecc.* Vol. II, p. 263.

(5) Raina e Porro, *Determinazione della differenza di longitudine fra gli osservatori di Milano e di Torino mediante osservazioni fatte nel 1885.* (Pubbl. dell'Osserv. di Brera n.° XXXVI).

Digitized by Google

Est Ovest: effetto che forse in questo caso non è tutto dovuto all'attrazione delle montagne, ma potrebbe in parte essere attribuito a distribuzioni molto anormali della densità sotterranea nei terreni della valle Padana, delle quali avrò a dire in seguito.

In presenza di tali fatti era naturale concepir l'idea, che non solo le grandi montagne, ma anche ogni altra elevazione del suolo avesse a disturbare la verticale, qualunque ne fosse la forma, per esempio quella di un esteso altipiano. Lungo le riva del mare poi non è neppure necessaria una protuberanza del terreno per produrre una deviazione. Infatti la densità dell'acqua essendo 2 $^1/_2$ a 3 volte minore di quella dei terreni ordinarii, un filo a piombo sospeso in riva al mare dovrà, per questo solo fatto, esser attratto con maggior forza dalla parte del continente, dove vi è maggior densità e quindi maggior massa, anche quando il continente sia una bassa ed uniforme pianura. Tali effetti dei rilievi continentali, verificati più e più volte colle dirette osservazioni, verso la metà del presente secolo fecero nascere in alcuni la speranza, che lo studio di tali rilievi ed il calcolo dell'attrazione da essi esercitata potesse bastare a render conto, almeno in molta parte, delle deviazioni notate fra la verticale del geoide, e quella dell'ellissoide normale.

Ma ulteriori e più diligenti investigazioni dimostrarono, che tale speranza è affatto illusoria. A questo contribuì sopratutto l'imbarazzante scoperta di montagne grandissime, alla cui attrazione il filo a piombo si mostra affatto o quasi affatto insensibile. Nel 1855 il Reverendo Pratt, arcidiacono di Calcutta, trovò che, secondo il calcolo, all'estremità boreale della gran meridiana dell'India la gran massa sovraincombente degli Himalaja avrebbe dovuto far deviare il filo a piombo di 28″ verso il Nord rispetto alla direzione calcolata sull'ellissoide normale partendo dalla pianura del Gange (1). Le osservazioni astronomiche non diedero più di 4″. Questo valse a richiamare in mente la piccola deviazione trovata da Bouguer al Chimborasso, tanto inferiore a quella che si avrebbe

(1) *Philosophical Transactions*, 1855.

Digitized by Google

dovuto aspettare da sì grande montagna: e condusse a pensare, che in fin dei conti non fosse permesso di considerare le montagne come semplici appendici di materia collocate sul suolo senza alcuna relazione colla struttura degli strati sottoposti. Si comprese che il fatto stesso del sollevamento di quelle masse poteva benissimo essere accompagnato da fenomeni interni capaci di produrre, se non grandi spazi vuoti, almeno diminuzioni di densità sufficienti ad equilibrare in certi casi l'attrazione della massa protuberante; idea questa che già un secolo prima era stata emessa dal P. Boscovich (1).

Tali sospetti furono avvalorati dalla considerazione di un altro fatto non meno curioso ed inaspettato: dall'esistenza provata di considerabili deviazioni del filo a piombo in regioni perfettamente piane ed uniformi. Si ricordò allora, che già quarant'anni prima (1822) Carlini, comparando le latitudini astronomiche osservate in Milano ed in Parma con quelle che avrebbero dovuto risultare dalle misure trigonometriche applicate all'ellissoide normale, trovò una differenza di 20″ e più nella distanza fra i paralleli delle due città (2). Questa discordanza così notabile non può esser spiegata colle attrazioni delle montagne, essendo il terreno fra le dette città perfettamente piano, e trovandosi queste a tale distanza dalle Alpi e dagli Apennini, che non permette di considerare l'influsso delle loro masse esteriori come capace di produrre sì grande effetto. Di questo pertanto la causa non può essere ricercata che in grandi anomalie della densità sotterranea sotto la pianura centrale del Po, e probabilmente in una densità deficiente nella regione compresa fra quelle due città.

Nel 1862 il Professore Schweizer, direttore dell'osservatorio

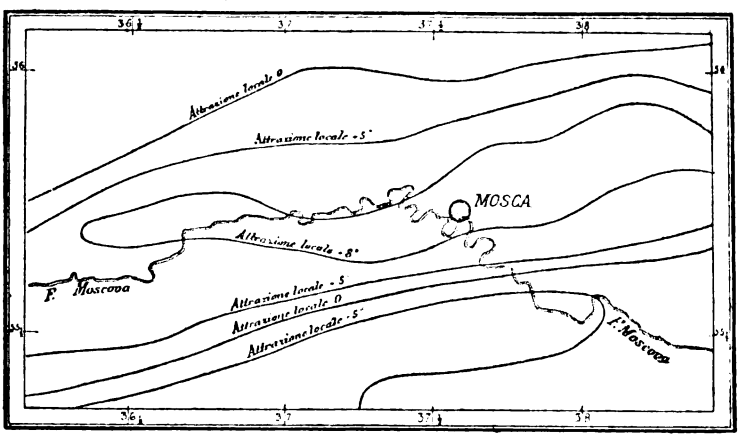
---

(1) ....« Les Montagnes se forment, je pense, pour la plupart par l'effet d'une « chaleur interne, qui soulève les couches de la Terre les plus proches de la « surface; et s'il en est ainsi, cette élevation n'ajoute aucune nouvelle matière, « et le vuide renfermé dans l'interieur de la montagne compense la masse qui « la couvre ». Maire et Boscovich, *Voyage astronomique et géographique dans l'état de l'Église pour mesurer deux dégrés du méridien*, ecc. Livre V. § 238. Paris 1770.

(2) Carlini, *Effemeridi astronomiche di Milano pel 1823*, p. 63. Plana et Carlini, *Operations géod. et astron.* Vol. II, p. 348.

Digitized by Google

di Mosca, pubblicò i risultati delle sue minute ricerche sulle anomalie del filo a piombo nelle regioni circostanti a quella città (1). Il terreno intorno a Mosca è perfettamente piano, le montagne più prossime, che sono quelle di Valdai o di Wolkonski, non hanno alcuna importanza, le grandi catene degli Urali, dei Carpazi e del Caucaso, sono così lontane da escludere affatto l'idea di un sensibile influsso. Sull'area di un rettangolo (Tavola n. 1) avente Mosca per centro, esteso da levante a ponente 150 chilometri, e sessanta da mezzogiorno a settentrione, fu in 93 luoghi determinata la latitudine astronomica, e fatta la comparazione colla latitudine corrispondente all'ellissoide normale. I risultati di questo grande ed interessante lavoro sono rappresentati sulla carta come segue. Nell'area occupata dalla grande zona, dove è Mosca, il filo a piombo devia verso il Nord, e più nella parte interna, dove



Tav. 1. — Anomalie della verticale nei dintorni di Mosca.

la deviazione può arrivare fino a 10″ in alcuni punti. Nella parte meridionale il filo a piombo è attratto verso il Sud, in modo tale che la deviazione può andare fino a 6″. Però fra

(1) Schweizer, *Bulletin de la Société Imperiale des Naturalistes de Moscou*, Vol. XXXV. Anno 1862. Vedi un sunto di questi lavori presso Santini, *Relazione intorno alle attrazioni locali nei dintorni di Mosca* pubblicata nelle *Memorie dell'Istituto Veneto*, Vol. XII.

Digitized by Google

mezzo le due zone di deviazione contraria esiste pure una linea di deviazione nulla, dove il filo a piombo ha la direzione che conviene all' ellissoide normale. Da questa linea il filo a piombo è dunque tratto ad allontanarsi così da una parte come dall'altra. L'ipotesi più plausibile che possa farsi, è quella di una densità deficiente nelle parti della crosta terrestre che stanno sotto tal linea. Una specie di gran fossa, avente questa linea per asse, larga venti o trenta chilometri e di molta profondità, non però vuota, ma ripiena di materia meno densa dell'ordinario, e fiancheggiata d'ambe le parti da due argini altrettanto larghi e profondi, ma composti di materia più densa dell'ordinario, il tutto corrente nella direzione ESE a OSO: tale è una delle ipotesi, con cui, secondo lo Schweizer, si potrebbe render conto dei fatti osservati. Dico *una* delle ipotesi, perchè è facile dimostrare che di tali ipotesi, a rigor di termini, se ne potrebbero immaginare infinite. Quello che in ogni caso sembra risultare in modo incontrastabile è, che le anomalie della densità sotterranea intorno a Mosca sono ordinate in forma di lunghe strisce parallele correnti da ENE ad OSO.

Vediamo adunque chiaramente da questi importantissimi studi, che le deviazioni del filo a piombo possono bensì in certe località spiegarsi col mezzo delle prominenze e delle cavità visibili del terreno; ma che una parte forse non meno importante vi hanno le distribuzioni della densità sotterranea. Di questo han dato nuovi documenti le operazioni dei Russi nel Caucaso (1). Fra le stazioni di Wladikawkas al Nord e di Duschett al Sud si eleva fino a 5043 metri la gran massa del monte Kasbek. Secondo il calcolo, l'effetto dell'attrazione della montagna fra le due dette stazioni deve dare una deviazione totale di 56″. L'osservazione ha dato 54″, cioè una quantità quasi identica. Tale enorme deviazione, la quale è anche un po' maggiore di quella notata da Beccaria fra Andrate e Mondovì, è dunque tutta spiegata dalla protuberanza esterna del

(1) HELMERT, *Bericht über Lothabweichungen*, nei Resoconti dell'Associazione Geodetica internazionale, riunione di Nizza, 1887, pag. 37.

ISTITUTO DI GEOGRAFIA ECONOMICA UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA

Digitized by Google

terreno. Se però da Duschett, che è ancora sul pendio della montagna, si scende a Tiflis, che è alle falde di essa nella valle del Kur, e si passa ad Elisabettopoli che è al Sud dall'altra parte della valle, ivi cominciano gravi discordanze, a spiegar le quali bisogna ammettere, che lungo il Caucaso dalla parte meridionale corra una zona di densità deficiente.

Simili varietà di risultati riscontrarono pure gl' Inglesi nelle loro ultime esplorazioni geodetiche in varii punti della catena degli Himalaia (1). Mentre intorno alla stazione di Kaliana l'effetto dell'attrazione di quelle montagne fu trovato quasi nullo, o più esattamente diremo, compensato quasi tutto da difetti di massa sotterranea, e lo stesso pure fu osservato nella valle del Kaschmir: intorno alla stazione di Dehra Dun invece l'attrazione di quella colossale catena fu trovata di 33″. Queste varietà di effetti non si possono facilmente ridurre ad una regola generale, e soltanto lo studio particolare dei medesimi caso per caso può condurre a conclusioni di qualche valore pratico.

Le ricerche delle deviazioni del filo a piombo attraverso al continente Europeo lungo la linea che dalla Danimarca scende fino alla nostra regione presso Mantova hanno condotto ultimamente a notevoli risultati. Il Professor Helmert direttore dell' Istituto Geodetico prussiano ha tentato di dedurre, dalle osservazioni eseguite in Germania e nell' Italia superiore su quella linea, la conformazione approssimativa del geoide lungo di essa (2). Ai confini settentrionali dello Schlesuig verso la Danimarca il geoide è segnato dalle acque del Baltico. Nello Schleswig-Holstein e nella parte settentrionale dell'Annover fino al 53° parallelo di latitudine il geoide presenta una piccola rientranza, della quale però la profondità non sorpassa un metro nel luogo dov' è più sensibile. Nel resto della linea dal 53° parallelo fino ad Innsbruck il geoide si eleva progressi-

---

(1) *Account of the operations of the Great Trigonometrical Survey of India*, vol. XI, pag. 1055-1056.

(2) Helmert, *Darstellung der Lothabweichungen und des Geoides im Meridian des Brockens*, nei Resoconti dell'Associazione Geodetica internazionale, 1888, tavola II.

Digitized by Google

vamente rispetto all'ellissoide normale e sotto le Alpi del Brennero la sua elevazione raggiunge circa 12 metri, dalla quale ridiscende verso Mantova per raggiungere di nuovo il livello del mare Adriatico, che certamente pochissimo differisce (se pur differisce) da quello del Baltico. Come si vede, sono ben poca cosa queste deviazioni della figura effettiva del geoide dall'ellissoide geometrico. Non devesi però tacere, che qui si tratta di piccole particolarità locali, delle piccole rughe del geoide. Ciò non esclude la probabilità di deformazioni ben più importanti. La disposizione dei continenti, agglomerati per grandi masse, e la continuità degli oceani, uno dei quali occupa quasi la metà di tutto il globo, induce a credere che oltre alle piccole deviazioni locali del geoide, come quella che abbiamo descritto, esistano altre deviazioni ben più grandiose di carattere generale, delle quali per ora non si ha ancora alcuna idea precisa, e di cui l'esplorazione è riservata al tempo avvenire.

La maggior parte delle anomalie del filo a piombo fino ad oggi determinate sono anomalie di latitudine, indicano cioè di quanto discorda per un dato luogo la latitudine vera sul geoide dalla latitudine teoretica sull'ellissoide normale. Manifestamente con ciò la ricerca non è completa: perchè le azioni perturbatrici dell'attrazione locale possono manifestarsi anche nel senso della longitudine, siccome avviene per esempio fra Milano e Torino. Ma le anomalie di longitudine richiedono operazioni lunghe e un dispendio enorme di lavoro e di calcolo: e questo spiega perchè non molte determinazioni ne siano state fatte. Una ricerca esatta e completa dell'andamento della verticale in latitudine e longitudine sopra una regione alquanto estesa è pertanto impresa di tale grandezza, che non è da sperare sia frequentemente eseguita in avvenire, malgrado le preziose informazioni ch'essa può dare sulla distribuzione della densità sotterranea e l'interesse grande che può avere per la Geologia. Fortunatamente abbiamo un altro mezzo molto più semplice e molto più pratico per arrivare ai medesimi risultati; questo consiste nell'indagare, invece delle anomalie di direzione della gravità, le anomalie d'intensità di questa medesima forza: il che si fa per mezzo delle osser-

Digitized by Google

vazioni del pendolo, determinando cioè qual' è la durata del tempo in cui un pendolo di data lunghezza compie una oscillazione sotto l' influsso della gravità. Questa operazione, che fino agli ultimi anni era considerata come una delle più difficili e più complicate dell'Astronomia (a volerla fare colla necessaria precisione), ora, mercè di recentissimi perfezionamenti, è stata ridotta ad un punto insperato di rapidità e di agevolezza.

III.

L' intensità della gravità è misurata dalla velocità che essa è capace d' imprimere ad un grave cadente nel vuoto in capo ad un minuto secondo di tempo medio. Secondo gli esperimenti fatti nel 1893 dal Professor Lorenzoni, qui a Milano un grave cadente nel vuoto, dopo un secondo di tempo acquista una velocità capace di fargli percorrere con moto uniforme, dopo un altro secondo, lo spazio di 9^m, 80567. Perciò questo numero si adotta come espressione della gravità a Milano (1). E così dicasi di qualsiasi altro luogo. L' intensità della gravità così misurata ha una relazione assai notabile colla lunghezza del pendolo semplice che batte i secondi di tempo medio. La prima si ottiene moltiplicando la seconda pel quadrato del numero π che esprime il rapporto della circonferenza al suo diametro.

Se la Terra fosse un ellissoide di forma geometricamente regolare, e di densità se non uniforme, almeno regolarmente distribuita intorno al centro, la gravità avrebbe pur essa un andamento regolare alla superficie: il suo massimo valore sarebbe al polo, dove non è diminuita dalla forza centrifuga; di là andrebbe diminuendo progressivamente fino all'equatore, lungo il quale il suo valore sarebbe minimo. Per tutti i punti

---

(1) Lorenzoni, *Determinazione della gravità relativa a Padova, Milano, e Roma fatta nell'autunno 1893 mediante l'apparato pendolare dello Sterneck.* Atti del R. Istituto Veneto, Tomo V, Serie VIII, 1894.

Digitized by Google

di un medesimo parallelo essa avrebbe una uguale intensità. A cagione delle irregolarità di forma e di densità della Terra, tutte queste circostanze si verificano in natura soltanto con una certa approssimazione. Le osservazioni del pendolo, ormai estese a quasi tutte le regioni conosciute della Terra, hanno dimostrato, che anche qui ha luogo in massima una legge simile a quella che converrebbe ad una Terra ipotetica di forma ellissoidale geometrica e di densità regolarmente distribuita; ma la corrispondenza non è esatta, ed in certi luoghi la gravità è evidentemente in eccesso, altrove in difetto. Queste piccole irregolarità residue sono appunto quelle, che possono dar molta luce sulla struttura interna del globo terrestre, almeno nelle parti più vicine alla superficie.

Non può esser qui mia intenzione di fare la storia delle osservazioni sino ad oggi eseguite col pendolo per determinare la figura della Terra: storia curiosa ed interessante, la quale meriterebbe per sè una speciale trattazione. Lasciando da parte le antiche determinazioni del secolo passato, come quelle che non raggiungono il grado di precisione oggi reputato necessario, accennerò soltanto come per le cure di molti fisici ed astronomi del secolo XIX, quali Kater, Biot, Bessel, Peters, Peirce, Sawitsch, e di navigatori di lungo corso, quali Sabine, Foster, Lütke, Freycinet, Duperrey, a cui bisogna aggiungere i geodeti inglesi della Great Trigonometrical Survey dell' India, si possedevano dieci anni fa circa 120 determinazioni della gravità distribuite a larghi intervalli su una parte dei continenti e su isole di tutti gli oceani. Assoggettando questi dati ad una discussione acuta e comprensiva, il Professor Helmert, capo dell' Istituto geodetico prussiano, determinò la figura di quell'ellissoide regolare, al quale essi si adattano meglio che ad ogni altro nel loro complesso (1). Dal suo calcolo risultò un ellissoide schiacciato ai poli, in cui la lunghezza dell'asse polare sta al diametro equatoriale nel rapporto di 299: 300; precisamente la medesima forma che Bessel

(1) Helmert, *Die mathematischen und Physikalischen Theorieen der Höheren Geodäsie*, Leipzig, 1884, Vol. II, p. 191-244.

Digitized by Google

aveva dedotto dalle misure di archi di meridiano (1). La figura dell'emisfero australe della Terra risultò uguale a quella dell'emisfero boreale: cosa di cui prima sarebbe stato permesso di dubitare, considerando quale grande diversità mostrano i due emisferi, per quanto concerne la distribuzione delle aree continentali ed oceaniche.

Questi calcoli di Helmert hanno poi servito a confermare un fatto, del quale già qualche indizio s'avea ottenuto da lavori precedenti. Nelle piccole isole poste in mezzo degli oceani profondi, a molta distanza dai continenti, la gravità risultò generalmente più grande che nelle stazioni poste sulla costa delle terre maggiori, o nell' interno di esse. Ciò è precisamente l'opposto di quanto si sarebbe dovuto aspettare; infatti l'Oceano, che circonda quelle piccole isole, forma un grande strato di densità minore che la densità media degli strati superficiali del Continente; dunque in quelle isole, ed in generale su tutta la superficie degli oceani là dove sono molto profondi si dovrebbe aspettare un difetto, anzi che un eccesso rispetto alla gravità normale. L'osservazione diretta mostrando un eccesso, la conclusione più naturale e più semplice è questa, che la crosta solida del globo sotto il fondo degli oceani presenta una densità sensibilmente maggiore delle croste solide continentali; in modo da compensare, ed anzi da superare, con un eccesso di materia il difetto cagionato dalla densità minore che hanno le acque rispetto alle terre (2).

Un altro fatto risultò pure con molta evidenza dalle ricerche di Helmert, il quale ha col precedente una stretta correlazione ed è: che sotto le grandi protuberanze del globo, dopo fatta ogni riduzione, la gravità risulta minore della normale, accusando così sotto le montagne un difetto di materia ed una densità della crosta terrestre, notabilmente minore che nelle pianure e capace di compensare più o meno l'eccesso di materia rappresentato dalle protuberanze stesse (3).

---

(1) Helmert, ibid. p. 241.

(2) Helmert, ibid. pag. 227, 364 e seg.

(3) Helmert, ibid. p. 228: veggasi inoltre la sua Memoria: *Die Schwerkraft im Hochgebirge,* pubblicata fra quelle dell'Istituto Geodetico prussiano, Berlino, 1890.

Digitized by Google

Questi fatti, della maggior densità della crosta terrestre nelle depressioni occupate dagli oceani, e della minore densità nelle regioni occupate da grandi aree continentali, e dell'altra densità ancora minore nelle regioni coperte da grandi sistemi di montagne, non sono che espressioni in apparenza diverse di una legge unica; la quale si esprime dicendo esser la crosta del globo tanto meno densa, quanto più elevata, tanto più densa, quanto più depressa. Considerando tal legge l'Arcidiacono Pratt richiamò in vigore (1) l'ipotesi delle compensazioni già enunziata, come si disse, dal Boscovich: che astraendo da piccole ineguaglianze locali, in qualunque parte del globo, seguendo la linea verticale fino ad una certa profondità sotto il livello del mare (per esempio fino a 100 o 200 chilometri sotto questo livello) sempre s'incontri nella crosta solida della terra una eguale quantità di materia, le prominenze essendo compensate da densità minori, e le depressioni da densità maggiori degli strati più prossimi alla superficie. I nuovi fatti a cui dovrò alludere tendono a confermare in modo generale questa ipotesi, quando non sia spinta alle ultime conseguenze e non si voglia applicarla alle minute particolarità. È manifesto infatti, che i trasporti orizzontali di materia operati dalle forze geodinamiche hanno dovuto, nel progresso dei secoli, modificare entro limiti abbastanza estesi la supposta compensazione, dato pure che essa abbia avuto luogo originariamente al primo costituirsi della crosta solida.

A portare la luce necessaria in una questione, che per la storia della Terra è di straordinaria importanza, non basta generalizzare sopra un piccol numero di fatti, i quali qua e là sogliono presentare notabili eccezioni. Ciò non si potrà fare, che congiungendo alle ricerche generali, simili a quelle ora citate di Helmert, l'indagine esatta e particolare del modo di comportarsi della gravità sopra molte regioni degli oceani più e meno profonde e dei mari secondarî, e delle coste, e delle tavole con-

(1) Pratt, *On the constitution of the Solid Crust of the Earth.* Philos. Transact. 1871.

Digitized by Google

tinentali,' e finalmente dei grandi altipiani, e dei sistemi di montagne più meno notabili per altezza, estensione, antichità, natura litologica, e modo di formazione. Le numerose determinazioni della gravità, che si rendono necessarie a conseguire questo fine costituirebbero un problema formidabile, se non soccorressero i grandi perfezionamenti di recente introdotti nelle osservazioni del pendolo dal colonnello Sterneck dell'Istituto Geografico Militare Austriaco; il quale, coll' invenzione di un suo apparato semplice e compendioso, ha trovato modo di render possibile una determinazione completa della gravità con un giorno solo d'osservazioni, senza nulla rinunziare alla precisione necessaria (1). A dare un'idea del progresso raggiunto da lui in questa materia basti dire, che mentre il Prof. Helmert dodici anni sono non potè porre a base dei suoi calcoli sopra descritti più di 122 determinazioni della gravità sparse su tutto il globo fra i paralelli 80° Nord e 63° Sud; il colonnello von Sterneck e il suo allievo luogotenente von Triulzi della marina austriaca, nello spazio di 8 anni (1887-1894), hanno eseguito nelle provincie dell' impero austriaco e nella parte orientale d'Italia, ed in alcuni punti della Germania la misura della gravità per più di 500 luoghi, senza contare altre molte osservazioni fatte col medesimo apparato dai valenti e dotti ufficiali della marina austriaca in tutti gli oceani del globo, dallo Spitzberg a Montevideo, e dalle Azzorre alla Nuova Zelanda. L'uso dell'apparato Sterneck fu presto adottato dai geodeti: così che alla fine dell'anno passato venticinque esemplari del medesimo erano già stati costrutti sotto la direzione dell'inventore, uno di essi anche per la Commissione Geodetica italiana, col quale il Professore Lorenzoni Direttore della Specola di Padova ha già avuto occasione di determinare la gravità in varie luoghi d'Italia, ed anche a Milano. Una parte di questi lavori è di data recentissima ed attende ancora la sua pubblicazione: io darò un' idea di quello che è stato fatto

---

(1) STERNECK, *Der neue Pendelapparat des k. k. militär-geographischen Instituts*, Fa parte delle *Mittheilungen* dell'Istituto geogr. militare di Vienna, Vol. VII. Vienna 1887.

Digitized by Google

fino a tutto il 1894 in Austria ed in Italia dal colonnello von Sterneck e dal luogotenente von Triulzi.

I lavori del von Sterneck (1) comprendono dapprima una fitta rete di stazioni che occupa tutta la Boemia ed una parte della Moravia. In questa regione le deviazioni delle gravità del valore normale non sono molto considerabili; tuttavia già si rivela con sufficiente chiarezza un fatto importante, ed è che una gravità deficiente, quindi un difetto di massa, si riconosce principalmente nei nuclei paleozoici posti allo scoperto dalle erosioni, mentre una gravità esuberante e quindi un eccesso di massa si manifestano nei luoghi coperti d'alluvione e specialmente nelle bassure dell'Elba vicino a Podiebrad. Questi risultati possono fino ad un certo punto considerarsi come favorevoli all'ipotesi della compensazione di Boscovich.

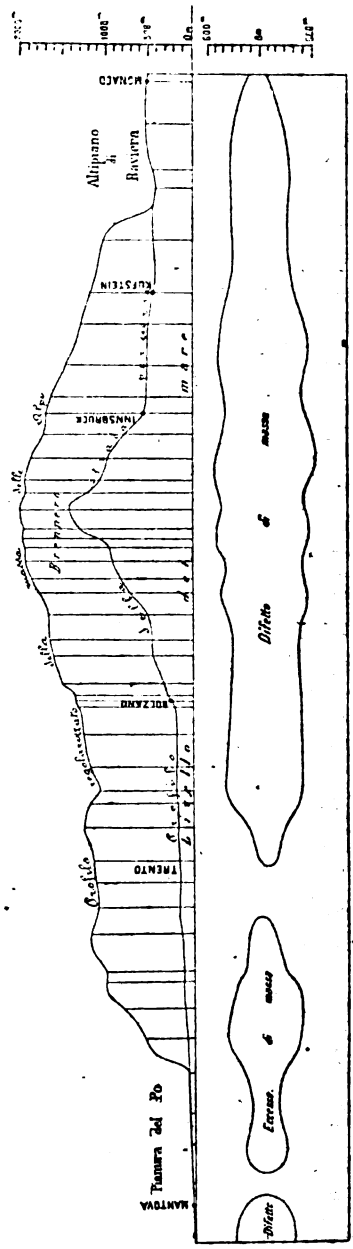
La grande depressione dell'Ungheria formata dal bacino del Tibisco e dal bacino medio del Danubio è stata esplorata dallo Sterneck col pendolo secondo lunghe linee in più direzioni; dappertutto vi ha riscontrato una gravità alquanto maggiore della normale. Nell'altipiano della Galizia e in quello della Baviera meridionale invece trovò una leggera deficienza; una assai maggiore, attraverso alla catena dei Carpati; ed infine una molto maggiore ancora nella regione delle Alpi tirolesi e trentine, e tanto maggiore, quanto più grande è l'elevazione media pel livello del mare. Di modo che anche qui si può affermare in generale, alle grandi depressioni del suolo corrispondere valori maggiori della gravità, indicanti eccesso di materia negli strati sottostanti, ed inversamente alle prominenze corrispondere valori della gravità inferiori alla normale, indicanti difetto di materia negli strati che loro servono di base: difetto di materia che raggiunge il suo massimo sotto le Alpi del Tirolo.

---

(1) Von Sterneck, diverse Memorie nelle *Mittheilungen des k. k. Militär-geographischen Instituts*, specialmente nel Vol. XIII. (1894), dove si riassumono i risultati fino a tutto il 1893. Un riassunto anche più comprensivo è stato dato da lui in un breve articolo stampato nel Calendario astronomico dell'Osservatorio di Vienna pel 1896 sotto il titolo: *Die Ergebnisse der neuesten Schwerebestimmungen*, dove si dà conto anche dei risultati ottenuti dal luogotenente von Triulzi, dei quali discorriamo qui più sotto.

Digitized by Google

Nella Carta N. 2. è figurata in profilo la linea di esplorazione percorsa dal von Sterneck col pendolo da Mantova a Monaco attraverso al Brennero (1). La linea orizzontale o base rappresenta il livello del mare. Il profilo più basso rappresenta quello della strada percorsa: da Borgoforte sul Po, dove l'altezza sul mare è appena 21 metri, si sale per Mantova, Ala, Trento, Bolzano, Bressanone al Brennero, all'altitudine di 1373 metri; da cui poi si discende per Innsbruck, Kufstein e Rosenhain a Monaco, alta ancora sul livello del mare 529 metri. Il profilo più alto indica in certa guisa quale sarebbe, lungo tutto questo percorso, la sezione della catena alpina, quando fosse la sua superficie regolarizzata, quando cioè, decapitando le alte cime, se ne facesse servire la materia ad empire il vuoto delle valli sottostanti, in modo da ottenere per tutta la massa montagnosa una superficie unita e di regolare pendenza. Questa è la massa, di cui per ogni stazione si deve valutare l'effetto onde ottenere la gravità ridotta al livello del mare, cioè quel va-



Tav. 2. — Anomalie della gravità lungo la via da Mantova a Monaco attraverso le Alpi osservate col pendolo da R. von Sterneck.

(1) Questo passaggio delle Alpi col pendolo è minutamente esposto dal von Sterneck nella Memoria *Die Schwerkraft in den Alpen*, che fa parte del volume XI delle già citate *Mittheilungen* dell'Ist. Geogr. Militare di Vienna.

Digitized by Google

lore della gravità che avrebbe luogo se, rase al suolo tutte le montagne e asportata lontano la loro materia, il pendolo si facesse oscillare nella stessa verticale, ma a livello del mare.

Nella parte inferiore del disegno, in corrispondenza ai due profili sopra descritti, è indicato, per mezzo di una striscia o zona di larghezza variabile, l'andamento dell'eccesso o del difetto di materia, che in ciascun punto della strada percorsa il pendolo ha rivelato. La larghezza della striscia è in ogni punto proporzionale all'eccesso o difetto in questione: ed indica quale grossezza dovrebbe avere uno strato di granito della densità 2 $^1/_2$ volte quella dell'acqua, collocato in quel luogo immediatamente sotto il livello del mare, perchè aggiunto compensasse colla sua massa il difetto, o sottratto, l'eccesso rivelato dal pendolo nel valore della gravità e della densità sotterranea. Per esempio, sotto il Brennero, la striscia in discorso indica un difetto di densità e di massa: la sua larghezza sotto quel punto, secondo la scala che sta a fianco del disegno, è di 1150 metri. Con ciò il von Sterneck ha voluto indicare, che per compensare il difetto accennato bisognebbe, sotto la montagna del Brennero, a partir dal livello del mare, e andando in giù aggiungere uno strato di granito di 1150 metri. Tale è la misura della massa deficiente. È probabile, anzi certo, che la deficienza non sia tutta da imputare agli strati superficiali, e che essa vada ripartita sopra una profondità molto maggiore fino a parecchi chilometri sotto il livello del mare, non potendosi supporre sotto la montagna una densità nulla, e neppure troppo inferiore a quella delle masse sovraincombenti.

Similmente in corrispondenza della stazione di Ceraino sopra Verona è indicato dalla figura un eccesso di massa: misurando la larghezza coll'aiuto della scala, si trova che tale eccesso equivale ad uno strato di granito, che partendo dal livello del mare, andasse fino alla profondità di 820 metri. Tale eccesso non può certamente attribuirsi tutto ai primi strati, la cui densità verrebbe ad essere affatto anormale e quasi doppia dell'ordinario; esso deve intendersi ripartito sopra parecchi chilometri di profondità, non meno di otto o dieci.

Intese le cose a questo modo, il linguaggio della figura di-

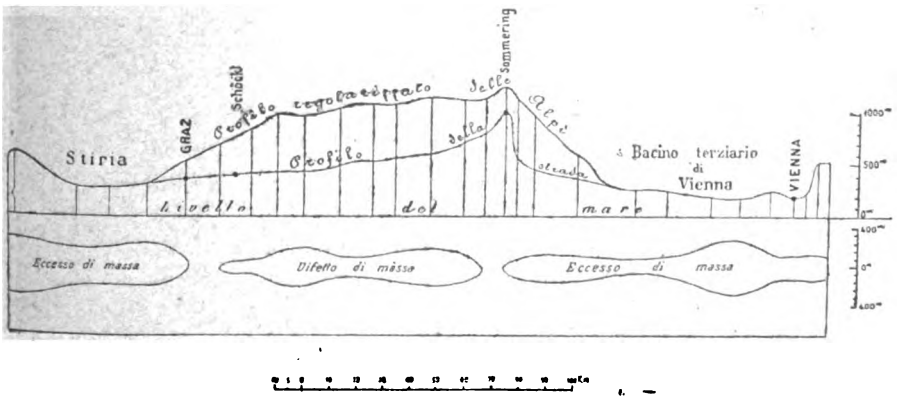
Digitized by Google

venta chiaro ed istruttivo quanto è possibile. Sotto l'altipiano di Monaco comincia il difetto di massa, che cresce regolarmente fino a raggiungere il suo valore massimo nel tratto che è fra Innsbrück ed il Brennero. Decresce quindi, ma non molto, fino alle chiuse di Solurno, poi più rapidamente, e diventa nullo un po' a mezzogiorno di Trento. In quel luogo la gravità ridotta al livello del mare è poco diversa dalla normale. Succede un eccesso di materia lungo le ultime Prealpi e in tutta la pianura fin quasi a Mantova. Nell'ultima parte del profilo da Mantova fino a Borgoforte si ha un nuovo difetto di massa, del quale l'estensione ulteriore non è ancora esplorata. Confrontando fra di loro la parte superiore e l'inferiore del disegno risulta a grandi linee questo fatto; che alla massa delle Alpi Retiche corrisponde un difetto di materia, al bassopiano sottostante un eccesso, l'uno e l'altro molto considerabili. Ma la corrispondenza non è esatta da punto a punto: cioè il difetto di massa comincia 50 chilometri più al Nord, che il rilievo montagnoso, e termina anche 50 chilometri più al Nord delle ultime falde settentrionali del sistema Alpino. Il massimo difetto di massa non corrisponde alla massima altezza del profilo delle montagne, ma anch'esso è spostato verso il Nord, trovandosi press'a poco a mezza strada fra il Brennero ed Innsbrück. Rispetto al profilo delle Alpi adunque la regione di materia deficiente è spostata tutta verso il Nord di qualche cosa come 50 chilometri: e probabilmente a questo fatto è legato l'altro della pianura di Monaco tanto più alta che la pianura del Po. Similmente è spostata di 50 o 60 chilometri verso il Nord la zona di materia eccedente: la quale, invece di avere il suo mezzo sull'asse della gran valle padana, termina verso il Sud a poca distanza da Mantova, spingendosi verso il Nord fino all'altezza di Mori e di Riva di Trento. Insomma tutto il sistema delle densità sotterranee è spostato di 50 chilometri verso il Nord rispetto al sistema orografico.

Il ricomparire della densità deficiente proprio sotto il Po verso Borgoforte è probabilmente una conseguenza di tale spostamento. Tale ammanco di densità è da supporre che sia connesso con quello, che fra Milano e Parma è stato accusato dalle deviazioni del filo a piombo osservate da Carlini, e di

Digitized by Google

cui sopra ho fatto menzione. La deficienza sembra che continui fin sotto Milano, dove essa non potrebbe esser compensata che dall' addizione di uno strato di granito di circa 400 metri di grossezza. Verso levante e mezzogiorno è da credere che continui alle falde dell'Apennino e si connetta colle deficienze rivelate dalle osservazioni del luogotenente Triulzi sul versante Adriatico, nelle Romagne, nelle Marche e negli Abruzzi. Si vede di quale alta importanza sian questi primi risultati; e quanto importi di continuare nella pianura del Po le osservazioni del von Sterneck. L' interpretazione geognostica dei medesimi e le conseguenze che se ne posson derivare per la storia fisica della nostra regione sono oggetti ben degni dello studio dei geologi.



Tav. 3. — Anomalie della gravità lungo la via da Graz a Vienna attraverso le Alpi, osservate col pendolo da R. von Sterneck.

Nella Carta n.° 3 sono rappresentati i risultati ottenuti dal von Sterneck nella seconda traversata delle Alpi da lui eseguita da Graz a Vienna per il Sömmering. Qui si nota pure, come nel caso delle Alpi tirolesi, uno spostamento del tratto di densità deficiente. Siccome in questo caso l'altipiano di Stiria è a mezzodì del passaggio, lo spostamento è pure verso mezzodì.

Nella traversata dei Carpazi eseguita dal von Sterneck fra le città di Munkacs e di Lemberg si riconosce un fatto analogo ai precedenti. Sotto i Carpazi vi è difetto di materia, ma questo

Digitized by Google

difetto è spostato dalla parte dell' altipiano di Galizia verso Settentrione, mentre la pianura Ungherese, assai più bassa, corrisponde ad un eccesso. Tali circostanze sono indubbiamente connesse col modo con cui si formarono le Alpi ed i Carpazi, e con cui, per successive ablazioni venne asportata alla pianura una parte della loro massa.

Come si vede, qui non si tratta più d' indicazioni vaghe e sommarie simili a quelle che si ottenevano una volta dalle anomalie del filo a piombo. Il pendolo dà notizie assai più precise; non solamente per la maggior facilità di moltiplicarne le osservazioni, ma anche per la natura stessa della cosa. Infatti le anomalie *d' intensità* della gravità in un dato luogo dipendono in prima linea dalla densità che gli strati sottostanti hanno entro un raggio non molto grande: le anomalie sotterranee a 20, a 30 chilometri di distanza non hanno più che un influsso secondario. Lo stesso non avviene per quanto concerne le anomalie *di direzione* della gravità. La direzione del filo a piombo non è affatto modificata dalla costituzione del terreno che sta verticalmente sotto, ma dipende principalmente dalla disposizione delle masse laterali, sian desse sotto o sopra il livello del suolo. La minor intensità con cui operano a spostarlo le masse più lontane è compensata in parte da ciò che queste masse lontane sono molto più numerose; onde avviene, che le anomalie del terreno sì interno che esterno, anche a 50 e 100 chilometri di distanza possono deviare il filo a piombo di notabile quantità. Perciò le anomalie del filo a piombo danno sempre risultati piuttosto indeterminati, troppa essendo l'estensione dell'area su cui possono esser distribuite le masse perturbatrici, e non possono esser interpretate con quel grado di precisione locale, che comportano le indicazioni del pendolo. Il vero è che le une e le altre indicazioni possono in modo utile completarsi reciprocamente.

Un esempio palese di questo si ha nelle anomalie del filo a piombo che il von Sterneck determinò sulla linea Monaco-Mantova attraverso al Brennero (1). A Monaco ed a Mantova, lon-

(1) Sterneck, *Die Schwerkraft in den Alpen*, vol. XI delle succitate *Mittheilungen*.

Digitized by Google

tano nella pianura, il filo a piombo ha una posizione quasi normale. Lo stesso avviene nell' interno della regione montuosa, a Trento, al Brenner, ad Innsbrück; perchè in questi luoghi le montagne occupando l'orizzonte tutto intiero, le deviazioni in gran parte si compensano. Presso Verona, dove l' orizzonte settentrionale è tutto montagne, l' orizzonte meridionale tutto pianura, il filo a piombo raggiunge la deviazione massima di circa 15″ verso Settentrione. Parimenti intorno a Kufstein, al limite boreale della regione montana, il filo a piombo raggiunge la sua deviazione massima verso il Sud, 12″ a 15″. L'andamento di tali anomalie è precisamente quello che poteva aspettarsi dalla considerazione della massa visibile delle montagne. Tutto sembra per questa parte in perfetto ordine; niente farebbe sospettare i difetti e gli eccessi di densità sotterranea che il pendolo ha rivelati. Pertanto lo studio del filo a piombo non può condurre da sè solo a risultati sicuri, e deve in ogni caso esser completato dalle osservazioni del pendolo.

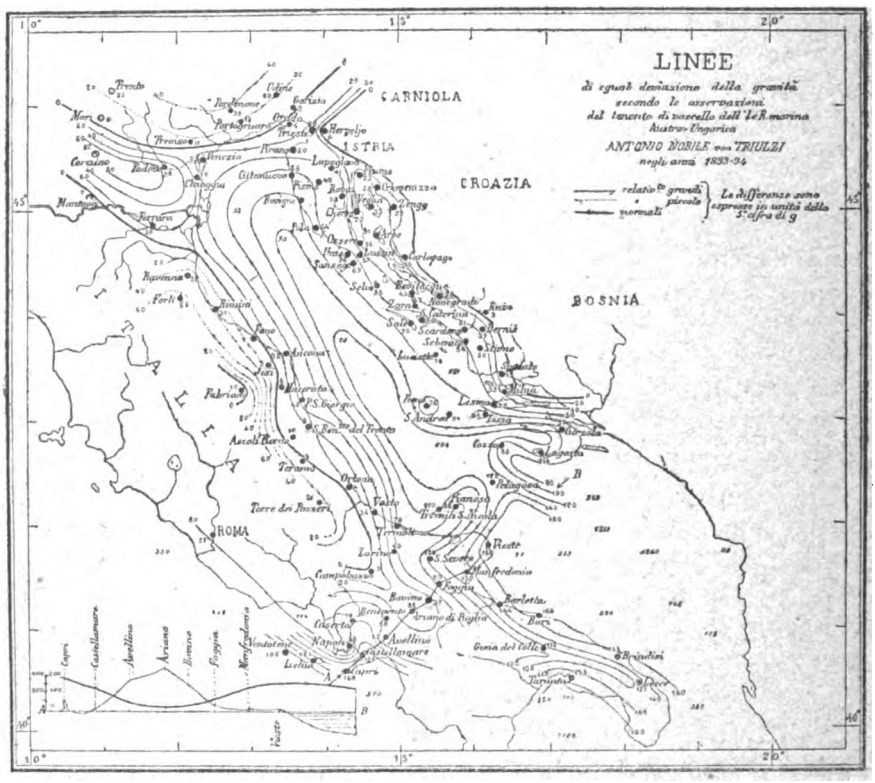
Vengo adesso a dire alcune parole intorno alla gran serie che comprende il rilievo delle anomalie della gravità fatto negli anni 1893-94 sull'Adriatico e sulle regioni circostanti dal nobile Antonio von Triulzi, luogotenente nella Marina Austriaca (1). Essa è rappresentata nella Carta n.° IV. I nomi segnati su questa Carta indicano i luoghi, in cui dal Triulzi è stato determinato il valore della gravità. Vi si vede una gran corona di stazioni, parte vicine alla costa, parte più dentro terra a qualche distanza: le quali, cominciando dalla ultima estremità della Dalmazia, cingono l'Adriatico intorno intorno fino alla Terra d' Otranto. Coll' aiuto del Gargano, delle isole Diomedee, dello scoglio di Pelagosa, e dell'Arcipelago meridionale Dalmatico, è stata lanciata attraverso all' Adriatico e prolungata attraverso alla penisola italiana un'altra fila di stazioni, che dall'isola di Curzola si stende a SO fino al golfo di Napoli e all' isola di Capri.

---

(1) *Relative Schwerebestimmungen durch Pendelbeobachtungen, ausgeführt durch die k. k. Kriegs-Marine in den Jahren*, 1892-94. Wien, 1895. Pubblicazione del Ministero Austriaco della Guerra e Marina.

Digitized by Google

Le deviazioni della gravità del valore normale sono rappresentate per mezzo di un sistema di curve variamente delineate. Una di esse tracciata in nero e più grossa di tutte le altre segna tutti i punti, in cui la gravità osservata ha il suo valore normale. Questa curva della gravità normale circonda, come si vede, il mare Adriatico, per lo più tenendosi



Tav. 4.

entro terra a poca distanza dalla costa: soltanto in due punti si ritira molto entro terra, cioè nella direzione di Padova e di Verona a nord-ovest; e a nord-est nella direzione di Lubiana fra Gorizia e Trieste. Dentro di questa linea, e pertanto per tutto l'Adriatico, la gravità è in eccesso. Le curve segnate ad intervalli indicano gravità eccedenti il valore normale: la prima curva che vien dopo la nera segna l'ec-

Digitized by Google

cesso di $^1/_5$ di millimetro (o di circa $^1/_{50000}$ della gravità totale), la seconda curva segna l' eccesso di $^2/_5$ di millimetro ecc. Le curve interiori, che corrispondono all'asse dell' Adriatico, dove la profondità è massima, indicano evidentemente un eccesso di gravità tanto maggiore, quanto maggiore è la depressione del fondo. Nella parte meridionale al di là del Gargano, dove l'Adriatico è molto più profondo, si manifestano anche eccessi di gravità molto maggiori. Come si vede, ha luogo su questo piccolo mare interno la stessa legge generale che si è osservata sui continenti e sul fondo dei vasti oceani: suolo depresso, gravità crescente.

La regione delle curve o di gravità eccedente esce in due luoghi dal perimetro dell'Adriatico, nella direzione di nord-est, e in quella di nord-ovest. L'estensione che ha luogo verso Padova e Verona si connette coll'eccesso di materia scoperto dal von Sterneck sotto le Alpi di Trento e nella pianura sottostante fin sotto Mantova.

Al di fuori della linea nera di gravità normale si estendono entro le terre circostanti le regioni di gravità minore della normale e di densità deficiente del sottosuolo, occupata alla superficie dalle montagne Illiriche, dalle Alpi Venete, e dalle orientali dell'Appennino, dalle Romagne fino all'Abruzzo. In questa regione sono segnate da curve punteggiate le deficienze di gravità di $^1/_5$, $^2/_5$, $^3/_5$ di millimetro, ecc., a partir dalla curva nera. Tale regione si estende verso il nord su tutta la massa Alpina fino a Monaco, come si è veduto; in Italia arriva almeno fino a Milano, ma lungo la penisola non occupa una grande larghezza, perchè già a Roma e a Fabriano si ha gravità eccedente. Manifestamente la struttura dell'Italia centrale offre, rispetto alla gravità e alla densità, variazioni irregolari, delle quali soltanto potremo renderci conto quando le belle operazioni del von Triulzi siano estese a tutta la penisola.

Notabile è la deviazione enorme in più, che la gravità assume nelle Puglie, nelle terre di Bari e di Otranto, e sulle rive della Campania. Tali deviazioni sono in tutto comparabili a quelle che dissi aver luogo nelle maggiori profondità dell'Oceano e costituiscono una singolarità della più alta importanza. A Viesti ed a Bari, nelle isole d'Ischia e di Capri, la

Digitized by Google

gravità eccede il valore normale di un millimetro e due terzi, che è quanto dire di circa $^1/_{6000}$ della gravità totale, un gramma intero sopra sei chilogrammi. Tutto il sottosuolo della Bassa Italia, almeno fin dove arrivano le osservazioni, sembra composto, fino a grande profondità, di materiali di densità eccezionale.

La serie di stazioni condotta a traverso della penisola dal Gargano a Capri è pur degna d'osservazione. Ad Ariano, che è proprio sull' asse della penisola nel luogo di massima altitudine, corrisponde la minima gravità della serie: dalle due parti decrescendo l'altitudine verso l'Adriatico e verso il Tirreno, la gravità cresce. Ciò è rappresentato bene dal profilo descritto sull'angolo inferiore sinistro della carta, dove il poligono nero indica il profilo delle altitudini, e la curva dà la deviazione della gravità dal valore normale. Anche qui dunque vale la solita legge; e si ripete qui in piccola scala ciò che è stato osservato dal comandante Defforges attraverso l'America settentrionale, in una serie di sette determinazioni da lui fatte fra Nuova York e San Francisco. Le due stazioni più elevate di Denver e del Lago Salato hanno mostrato come al consueto, i minori valori della gravità.

Non spenderò altre parole per dimostrare il sommo interesse di questi risultati. Non vi ha dubbio che fra non molti anni le osservazioni del pendolo, ora rese così facili e così rapide, saranno estese a tutte le regioni ove fiorisce la civiltà di tipo europeo. Allora resterà il desiderio di poter misurare l' intensità della gravità anche su quelle vaste estensioni degli oceani, dove mancano isole, o almeno scogli capaci di offrir base sufficiente per tali osservazioni. Già alcuni tentativi furono fatti per poter misurare la gravità sull' Oceano senza uscir dalla nave; tentativi, nei quali si misura la gravità non più colle oscillazioni del pendolo, ma mettendola in equilibrio con un'altra forza, per esempio con l'elasticità di una massa di gaz, come nel sifone manometrico di Mascart, o con l' elasticità di una lamina metallica, come nel *batometro* di Siemens. Per quanto posso sapere, i risultamenti finora ottenuti con questi apparati non hanno ancora corrisposto alle speranze: il che tuttavia non significa, che così abbia sempre ad esser

Digitized by Google

per l'avvenire. Per conoscere completamente la figura della Terra, bisogna pure esplorare, in un modo o in un altro anche la superficie occupata dagli oceani.

IV.

Restami ora a dare alcuni cenni intorno a quelle anomalie del magnetismo terrestre, che sembrano strettamente connesse colle anomalie della gravità e della densità superficiale del globo. Tal connessione si poteva già sospettare *a priori* e fu sin dal 1849 indicata da Kreil (1), il quale notò che le Alpi sembravano esercitare una perturbazione sensibile sull'andamento regolare delle linee di uguale declinazione magnetica: e confermò più tardi questa sua congettura con altre ricerche pubblicate nell'anno 1862 (2). Varî altri investigatori espressero di poi la medesima opinione, che fra la struttura geognostica della Terra e il magnetismo esista una correlazione incontestabile, quantunque di carattere non ancora ben definito. Nel 1887 il dottor Naumann raccolse tutte le osservazioni fin allora pubblicate su tale argomento (3), aggiungendo quelle veramente interessanti che egli ebbe occasione di fare nella sua qualità di direttore della Carta geologica del Giappone. La grande isola di Nippon è traversata verso la metà della sua lunghezza, e divisa in due parti quasi uguali da una zona di terreno vulcanico occupante il vacuo di una grande spaccatura detta *Fossa magna,* piena di bocche ignivome, che da una parte fa capo al celebre vulcano Fusiyama. Ora le curve magnetiche rilevate su tutta l'estensione dell'Arcipelago dai due astronomi giapponesi Sekino e Kodasi, mostrano, al traversar quella fossa, una piegatura di significato non dubbio.

---

(1) Kreil, nei *Denkschriften der k. k. Akad. der Wissenschaften in Wien.* Vol. I, 1850.

(2) Kreil, nei *Denkschriften der k. k. Akad. der Wissenschaften in Wien.* Vol. XX, 1862.

(3) Naumann, *Die Erscheinungen des Erdmagnetismus in ihrer Abhängigkeit vom Bau der Erdrinde.* Stuttgart, 1887.

Digitized by Google

Ma il documento forse più importante che si possa addurre in questa materia è fornito da un lavoro del signor Fritsche, pubblicato nel 1893 (1). Il Fritsche elesse a campo delle sue ricerche quegli stessi dintorni di Mosca, su cui 40 anni prima lo Schweizer aveva investigato le anomalie del filo a piombo. Ei determinò gli elementi del magnetismo terrestre (declinazione, inclinazione, intensità) per 31 stazioni sparse in tutta la regione già percorsa dallo Schweizer e dai suoi collaboratori; e combinando i suoi risultati con analoghe osservazioni già fatte prima in 17 luoghi della medesima regione dall'ingegnere capitano Meyen, ne dedusse per tutto quello spazio le anomalie, che gli elementi magnetici presentano rispetto a quelli che risulterebbero dall'andamento generale e regolare delle regioni circostanti. Ora per tutti gli elementi, cioè tanto per l'intensità totale del magnetismo, quanto per la declinazione e per l'inclinazione, le anomalie sono disposte su lunghe linee dirette da ENE ad OSO, precisamente come constatò lo Schweizer per le anomalie del filo a piombo. Per mostrar quanto tale coincidenza sia intima e completa sopra una Carta analoga a quella che rappresenta le anomalie del filo a piombo esplorate dallo Schweizer (2), ho indicato le anomalie dell'intensità magnetica, determinate dal signor Fritsche. Ora qui risultò evidente una corrispondenza fra l'andamento di tali anomalie e quello delle linee che indicano le variazioni del filo a piombo. Se tale coincidenza fosse unica, si potrebbe ancora dubitare ed attribuirla al caso. Ma altre analoghe coincidenze ed egualmente evidenti hanno luogo anche per la declinazione e l'inclinazione dell'ago magnetico; coincidenze che sulla Carta non si potevano indicare senza confusione. Così che nessun dubbio può rimanere circa la realtà di una stretta connessione fra le anomalie della densità sotterranea e le cause perturbatrici del magnetismo terrestre in questo luogo. Abbiamo qui pertanto dal filo a piombo un indizio

---

(1) Fritsche, *Die magnetische Lokal-Abweichungen bei Moskau und ihre Beziehungen zur dortigen Local-Attraction.* Si trova nel *Bulletin de la Soc. Imp. des Naturalistes de Moscou,* 1893.

(2) Una tale Carta venne pure esposta nella sala durante il discorso.

Digitized by Google

della densità delle masse perturbatrici, e dall'ago magnetico un indizio della loro qualità fisica.

L'insieme dei fatti che ho esposto costituisce un esempio veramente notevole dell'aiuto che le scienze in apparenza più diverse di scopo e di metodo possono prestarsi reciprocamente, quando i loro progressi si vanno intrecciando e i fatti conquistati dall'una servono ad illustrazione dell'altra. Qui l'Astronomia dà e la Geologia riceve; non mancano altri punti di contatto fra queste due scienze in cui le parti sono invertite; per esempio nella gran questione del moto secolare dei poli alla superficie della Terra. Tali correlazioni fra scienza e scienza si son venute negli ultimi tempi moltiplicando e rafforzando, ed han dato luogo alla creazione di nuove scienze intermedie, quali son per esempio l'Astrofisica e la Geodinamica. La Geografia poi, quale adesso l'intendiamo, offre un ricamo vario ed immenso di cose, a formar il quale concorrono a vicenda gli studi combinati delle scienze matematiche, fisiche, naturali, storiche ed antropologiche; di tutte essa serba il culto nel suo grandioso Panteon, a tutte qualcosa dà, e da tutte molto riceve. L'accusa, che da varie parti si va facendo alle scienze della Natura, di procedere isolate e sconnesse (1), non è mai stata tanto ingiusta e tanto falsa quanto appunto adesso. Ne è prova l'assemblea, davanti alla quale ho avuto l'onore di parlare. Noi siamo convenuti in questa sala, uomini di diversissimi studi, benchè tutti animati dallo spirito d'investigazione della Natura. Io non so vedere quale intento più nobile, più grande, più utile potrebbe raccoglierci, qui, se non quello di stringere e di estendere viepiù i legami fecondi che connettono fra di loro le varie scienze da noi rappresentate.

---

(1) Quest'accusa fu ripetuta ancora da Edoardo Hartmann, il filosofo dell'Incosciente nella sua recentissima pubblicazione portante per titolo: *Tagesfragen*. Berlin, 1896, pag. 187.

Digitized by Google

ESTRATTO DALLA *RIVISTA GEOGRAFICA ITALIANA*
Anno III. Fascicolo V-VI, VII. — 1896.

Firenze, 1896. — Tip. M. Ricci, Via San Gallo, 31.

Digitized by Google